Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 35, No. 3, Fall 2021, p. 231-244

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۲۴۴-۲۳۱

مقاله پژوهشی

تعیین کارایی و حد مطلوب استفاده از نهاده‌های تولید قارچ خوراکی تحت شرایط عدم حتمیت در ایران

مصطفی مردانی نجف‌آبادی[۱*]- عباس عبدشاهی[۲]- فاطمه یاوری[۳]- فاطمه نقی بیرانوند[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷

چکیده

کشت و پرورش قارچ خوراکی، با توجه به ارزش‌های غذایی و دارویی و هم‌چنین مزایای اقتصادی آن به سرعت در حال گسترش است. با این وجود عدم کسب دانش مورد نیاز و مدیریت اصولی ممکن است تولیدکنندگان را با مشکلات زیادی مواجه کرده و یا حتی به مرز ورشکستگی اقتصادی نزدیک سازد. در همین راستا، هدف از انجام این مطالعه مقایسه کارایی فنی، فنی خالص و مقیاس کشت قارچ در استان‌های کشور و تعیین میزان مطلوب استفاده از نهاده‌ها می‌باشد. در ضمن به دلیل اینکه در دنیای واقعی معمولاً ورودی‌ها و خروجی‌ها به صورت غیر دقیق و یا حتی مبهم هستند، در این تحقیق از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار به جای مدل DEA سنتی بهره گرفته شد. داده‌های ورودی و خروجی مدل مورد استفاده در این مطالعه از مرکز آمار ایران برای سال ۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. طبق نتایج این مطالعه در تمامی سطوح احتمال انحراف محدودیت، کارایی فنی خالص بالاتر از کارایی مقیاس و کارایی فنی بوده است. این امر بیانگر دانش و مهارت بالای این تولیدکنندگان بوده و پایین بودن کارایی فنی تولیدکنندگان به دلیل بهینه نبودن مقیاس تولید آن‌ها است. مهم‌ترین نهاده‌ای که باعث عدم کارایی واحدها شده است، نهاده "هزینه اسپان" بوده و با استفاده بهینه از این نهاده می‌توان تا حدود ۷۰ درصد هزینه این نهاده را کاهش داد. از دیگر نتایج این مطالعه این است که با کاهش احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود، میزان کارایی فنی کاهش و درصد کاهش در مقدار نهاده‌ها نسبت به مقدار واقعی، افزایش یافته است. این امر بر اهمیت استفاده از مدل‌های RDEA جهت انطباق بیشتر نتایج با دنیای واقعی می‌افزاید. توصیه می‌شود که سیاست‌گذاران امکان دسترسی به تسهیلات برای تولیدکنندگان با مقیاس کوچک را فراهم نموده و موجبات افزایش صرفه‌های ناشی از مقیاس را برای آنان فراهم نمایند.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی استوار، تحلیل پوششی داده‌ها، قارچ، کارایی نهاده محور

مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت و کسب آگاهی‌های بیشتر نسبت به نیازمندی‌های بدن انسان، تقاضا برای مواد غذایی رو به افزایش است (۱۱). از مهم‌ترین مواد مغذی، برای رشد و سلامت بدن پروتئین‌ها می‌باشند که به دلیل محدود بودن زمین‌های قابل کشت و عملکرد زمین‌های کشاورزی در تولید مواد غذایی به خصوص مواد پروتئینی، قیمت پروتئین‌های حیوانی افزایش یافته است. این امر یکی از مهم‌ترین علت‌های گرسنگی و سوء تغذیه، در کشورهای جهان سوم می‌باشد. بنابراین بشر به منظور دسترسی به تولید بیشتر و با کیفیت بالاتر چاره‌ای جز افزایش بهره‌وری در واحد سطح ندارد (۱۹). نیل به رشد بهره‌وری نیازمند تحولات تکنولوژی، بهبود کارایی و یا ترکیبی از این دو می‌باشد که با توجه به دشوار بودن ایجاد تغییرات عمده در تکنولوژی کشورهای درحال توسعه، افزایش کارایی تکنیکی به عنوان راه‌حلی اساسی در این راستا محسوب می‌گردد (۱).

بدن انسان به صورت طبیعی به مواد پروتئینی نیازمند است، اما با توجه به کمیابی‌های موجود و کاهش تحرک افراد، تمایل به کشت و مصرف پروتئین‌های غیرحیوانی مانند، حبوبات، سویا و قارچ خوراکی افزایش یافته است. در این میان قارچ خوراکی به دلیل عطر و طعم،

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email:m.mardani@asnrukh.ac.ir)
۳- دانش‌آموخته دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴- دانشجوی دکتری توسعه کشاورزی، دانشگاه زنجان
DOI: 10.22067/JEAD.2021.69647.1029

ارزش‌های غذایی و دارویی فراوان و بهره‌وری بالا در واحد سطح مورد توجه گسترده‌ای قرار گرفته است (۶). قارچ‌های خوراکی در شمار ارزشمندترین منابع طبیعی هستند که می‌توانند در مدت زمان کوتاه از مواد با ارزش غذایی کم، موادی با ارزش غذایی بالا تولید کنند. علاوه بر این، به دلیل غنی بودن پسماند قارچ، این مواد را می‌توان جایگزینی برای کودهای حیوانی در نظر گرفت و تا حدودی از هزینه‌های کشت‌های بعدی کاست. قارچ‌های خوراکی علاوه بر این‌که منبع غنی از پروتئین، ویتامین‌ها، اسید فولیک و مواد معدنی پتاسیم، کلسیم و فسفر می‌باشد، مزایای اقتصادی زیادی برای تولیدکنندگان به همراه دارد. از جمله مزیت‌های کشت قارچ خوراکی می‌توان به استفاده بهینه از محصولات فرعی کشاورزی هم‌چون کلش گندم و برنج، کود مرغ و اسب، ملاس، سبوس، عدم نیاز به واردات نهاده از خارج از کشور، کوتاه بودن دوره پرورش، قابلیت کشت در تمامی فصول، نیاز محدود به زمین (قابلیت کشت طبقه‌ای)، اشتغال‌زایی و مصرف محدود آب اشاره نمود. علاوه بر این بازگشت زود هنگام سرمایه درگردش و راندمان تولید بالا، سرمایه‌گذاری در این صنعت را جذاب کرده است (۹).

امروزه سرمایه‌گذاری‌های زیادی بر روی کشت قارچ خوراکی در سطح جهان، صورت گرفته و در روش‌های پرورش آن تحول زیادی ایجاد شده است. در ایران نیز پرورش قارچ خوراکی طی سال‌های اخیر توسعه چشمگیری یافته و سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی نیز در این زمینه انجام شده است. به طوری‌که طبق نتایج سرشماری صورت گرفته در سال ۱۳۹۶، تعداد واحدهای پرورش قارچ در کشور از ۵۳۴ واحد در سال ۱۳۸۵ به ۱۶۱۳ واحد در سال ۱۳۹۶ و میزان تولید این محصول نیز با رشدی ۲۳۳ درصدی، از ۱۸۸۶۳ تن در سال ۱۳۸۴ به ۶۲۹۵۷ تن در سال ۱۳۹۵ رسیده است. علاوه بر این بررسی دو مؤلفه تعداد و میزان تولید واحدهای پرورش قارچ خوراکی سنتی (قارچ صدفی) طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ نشان‌دهنده کاهش واحدهای پرورش قارچ سنتی و افزایش واحدهای پرورش قارچ صنعتی می‌باشد. به طوری‌که در سال ۱۳۹۵ سهم قارچ دکمه‌ای (صنعتی) بیش از ۹۹ درصد از تولید قارچ خوراکی کشور بوده است (۳۰). علی‌رغم وجود مزایای اقتصادی فراوان، تولید قارچ خوراکی نیازمند تکنولوژی، تخصص و وجود تأسیسات و امکانات کافی می‌باشد، در نتیجه هزینه نسبتاً قابل توجهی در زمینه سرمایه‌گذاری برای تولید این محصول وجود دارد. از این‌رو، موفقیت در این زمینه نیازمند وجود مدیریت اصولی واحدهای تولیدی می‌باشد و عدم وجود آگاهی‌های مربوطه در این زمینه، ممکن است تولیدکننده را با مشکلات مختلف مواجه کرده و یا حتی به مرز ورشکستگی اقتصادی نزدیک سازد (۲۶). لذا بهبود وضعیت تولید و سوددهی این محصول ضروری می‌باشد، از این‌رو افزایش کارایی واحدهای تولید قارچ جهت حفظ بقا و سودآوری این واحدها می‌تواند مفید باشد.

اولین گام جهت افزایش کارایی واحدهای تولیدی، یافتن روشی مناسب برای اندازه‌گیری آن می‌باشد (۱۳). یکی از پرکاربردترین این روش‌ها، تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها بوده که بدون نیاز به شکل خاصی از توزیع یا تابع ریاضی، کارایی نسبی واحدها را محاسبه می‌نماید (۲۴). در زمینه بررسی کارایی واحدهای تولید قارچ با استفاده از روش DEA، تا کنون مطالعاتی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که از جمله آن می‌توان به مطالعه نادی و همکاران (۱۸) اشاره نمود. ایشان کارایی فنی تولیدکنندگان قارچ خوراکی کشور را در سال ۱۳۹۳ محاسبه نموده است. بر اساس نتایج این مطالعه از ۲۱ تولیدکننده نمونه، با استفاده از روش CCR ۸ واحد و با استفاده از روش BCC ۱۴ واحد کارا بوده اند. صالحی (۲۷) جهت بررسی کارایی انرژی تولیدکنندگان قارچ اصفهان در سال ۱۳۹۱، کارایی فنی، مقیاس و فنی خالص این تولیدکنندگان را محاسبه نمودند. طبق نتایج مطالعه ایشان، سه معیار ذکر شده به‌ترتیب، ۸۴، ۹۰ و ۸۹ درصد براورد گردید. قاسمی کردخیلی و همکاران (۲۱)، در برآورد کارایی تولیدکنندگان قارچ استان مازندران به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین علت ناکارایی این واحدها استفاده غیر بهینه از انرژی الکتریسیته بوده است. فرشاه و همکاران (۷) کارایی انرژی تولیدکنندگان قارچ دکمه‌ای در استان البرز را بررسی نمودند. در مطالعه ایشان، میزان کارایی فنی، فنی خالص و مقیاس، به‌ترتیب برابر با ۰/۹۵۵، ۰/۹۵۶ و ۰/۹۹۹ بوده است که بیانگر بهینه بودن مقیاس تولیدکنندگان قارچ در این استان می‌باشد. تای‌وو و همکاران (۳۱)، با استفاده از روش DEA کارایی واحدهای تولید قارچ را در استان تای نگویان ویتنام مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج این مطالعه میانگین کارایی با بازده ثابت و متغیر نسبت به مقیاس به‌ترتیب ۵۶ و ۸۳ درصد بوده است.

اگرچه روش تحلیل پوششی داده‌ها ابزار قدرتمندی جهت بررسی کارایی واحدهای همگون می‌باشد، حساسیت بالای این روش به تغییر مقدار داده‌های ورودی و خروجی از اعتبار نتایج رتبه‌بندی آن می‌کاهد (۱۴). به نحوی‌که یک نوسان کوچک در مقادیر ورودی و خروجی، ممکن است تغییرات عمده‌ای در میزان کارایی و رتبه‌بندی واحدها ایجاد کند (۱۰). از این‌رو عدم قطعیت و راه‌های مواجهه با آن از جنبه‌های اجتناب‌ناپذیر استفاده از الگوی DEA می‌باشد. تا کنون رویکردهای مختلفی به منظور بررسی عدم قطعیت در مدل DEA معرفی شده است. این رویکردها را می‌توان در پنج دسته DEA با محدودیت شانس (CCDEA[1])، DEA غیردقیق (IDEA[2])، DEA فازی (FDEA[3])، DEA خودپردازی‌شده (BDEA[4]) و در نهایت

1- Chance Constrain DEA
2- Imprecise DEA
3- Fuzzy DEA
4- Bootstrap DEA

DEA استوار (RDEA[1]) طبقه‌بندی نمود (۱۲). روش CCDEA بر این فرض استوار است که داده‌ها ماهیت تصادفی داشته و تابع توزیع آن‌ها مشخص است. الگوی دیگری که در این زمینه استفاده می‌شود، IDEA می‌باشد. از آنجایی‌که در این رویکرد مدل DEA به مدل غیرخطی تبدیل می‌شود، یافتن جواب بهینه دشوار است. از محدودیت روش FDEA می‌توان به الزام چشم‌پوشی از بخشی از اطلاعات روی داده‌های نامطمئن و پویا شدن مدل در صورت وجود تعداد زیاد ورودی‌ها اشاره نمود (۱۵). الگوی BDEA توسط الگوریتم پیشنهادی سیمار و ویلسون (۱۹۹۸) بدست می‌آید که یکی از گام‌های دشوار در این الگوریتم پیشنهادی، یافتن ارزش مناسب برای پارامترهای هموارسازی بوده و سختی دیگر، تکرارها در این الگوریتم است. در نهایت جهت دست‌یابی به نمرات کارایی باثبات و رتبه‌بندی قابل اطمینان‌تر از ترکیب برنامه‌ریزی استوار با مدل DEA استفاده گردیده است (۱۹ و ۲۰). از جمله محاسن استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA) می‌توان به ارائه پاسخ‌های بهینه نقطه‌ای، عدم التزام به آگاهی از توزیع داده‌ها و عدم چشم‌پوشی از اطلاعات روی ضرایب عدم اطمینان اشاره کرد که به ترتیب مشکلات موجود در روش‌های SDEA، IDEA و FDEA را مرتفع می‌نماید (۱۶).

از پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه مقابله با عدم قطعیت توسط مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های استوار در کشاورزی، می‌توان به مطالعه مردانی نجف‌آبادی و تاکی (۱۴) در بررسی کارایی انرژی کشت محصول خیار گلخانه‌ای در شهر گلشن، اشاره نمود. نتایج مطالعه ایشان که حاصل از تکمیل ۳۰ پرسشنامه از گلخانه‌های سبزی و سیفی در این شهر بوده است، نشان داد، گلخانه‌داران تحت بررسی از کارایی بالایی در تولید این محصول برخوردار هستند و دو نهاده سوخت فسیلی و الکتریسیته از مهم‌ترین عوامل ناکارایی واحدهای ناکارا بوده‌اند. هم‌چنین مطابق با این مطالعه با افزایش احتمال انحراف محدودیت از کرانه خود، میزان هر سه معیار کارایی فنی، کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص کاهش یافته است. مردانی نجف‌آبادی و همکاران (۱۶)، نیز در مطالعه خود به ارزیابی کارایی نخلستان‌های خرمای شهرستان اهواز پرداختند. طبق نتایج مطالعه ایشان، تولیدکنندگان خرما در این شهرستان از مهارت بالایی در تولید این محصول برخوردار هستند اما در مقیاس بهینه عمل نمی‌کنند. هم‌چنین صبوحی و مردانی (۲۲) کارایی تولیدکنندگان گندم در ایران را مورد بررسی قرار دادند. نتیجه این پژوهش حاکی از پایین بودن میانگین کارایی این تولیدکنندگان حتی بدون درنظر گرفتن عدم قطعیت بود. مردانی و سالارپور (۱۰) نیز با استفاده از ای روش کارایی فنی و مقیاس تولیدکنندگان سیب‌زمینی در ۲۳ استان کشور را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج این مطالعه که در سال زراعی ۲۰۱۱ -۲۰۱۰ صورت گرفته است، میانگین کارایی فنی تولید سیب‌زمینی و کارایی مقیاس، بالا بوده است. مردانی و ضیائی (۱۵)، نیز از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار جهت بررسی کارایی مزارع گندم آبی شهرستان نیشابور استفاده کردند.در تمامی این مطالعات تغییر درجه محافظه‌کاری میزان کارایی را تغییر می‌دهد و بر طبق شبیه‌سازی مونت کارلو در همه مطالعه یاد شده، نتایج حاصل از مدل RDEA نسبت به نتایج مدل DEA تطابق بیشتری با واقعیت داشته است. هم‌چنین مقایسه دو روش RDEA و IDEA در مطالعه آتیسی و گلپینار (۲)، نشان داد، مدل استوار نتایج معتبرتری در برآورد کارایی زیتون‌کاران ترکیه داشته است. با توجه به نتایج این مطالعات استفاده از روش RDEA در مطالعات مربوط به کشاورزی که با عدم قطعیت بسیاری روبرو هستند، پاسخ‌های قابل اتکاتری ارائه داده و بهتر می‌تواند به اتخاذ تصمیمات مناسب کمک نماید.

با وجود رشد چشمگیر صنعت تولید قارچ خوراکی در کشور و گذار این صنعت از تولید سنتی به تولید صنعتی، هنوز هم با توجه به پتانسیل های موجود از جمله فراهم بودن نهاده‌ها در داخل و شرایط آب و هوایی سازگار، این صنعت، از جایگاه مناسبی در تولید برخوردار نیست. لذا محاسبه کارایی تولیدکنندگان قارچ کشور، می‌تواند با شناساندن عوامل ناکارایی واحدهای تولیدی، به تصمیم‌گیری در استفاده بهینه از منابع تولید کمک نموده و موجب بهبود راندمان تولید این محصول در کشور گردد. با عنایت به اهمیت موضوع و با توجه به این نکته که تاکنون مطالعات اندکی در زمینه بررسی کارایی تولیدکنندگان قارچ کشور، صورت گرفته است، در پژوهش حاضر، کارایی نسبی تولیدکنندگان قارچ خوراکی استان‌های کشور بررسی می‌گردد. با توجه به این‌که نوسانات بازار برای فرآورده‌های کشاورزی خصوصاً محصولات فسادپذیر مانند قارچ خوراکی بالا بوده و داده‌های مربوط به این محصولات نیز معمولا به صورت دقیق گرداوری نمی‌شوند، نمی‌توان از روش‌های متدوال تحلیل پوششی داده‌ها استفاده نمود. از این‌رو در این پژوهش از روش تحلیل پوششی داده‌های استوار استفاده خواهد گردید. لازم به ذکر است، تاکنون پژوهشی که به بررسی کارایی تولیدکنندگان قارچ کشور با در نظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌ها پرداخته باشد، در مطالعات صورت گرفته توسط محققان این پژوهش مشاهده نشده است.

مواد و روش‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها برای نخستین بار توسط چارنز و همکاران (۵) بر مبنای چارچوب نظری فارل (۸) ارائه گردید. در اینجا فرم مضربی الگو CCR با رویکرد نهاده محور و در نظر گرفتن n واحد تصمیم‌گیری، m نهاده و s محصول تبیین می‌گردد (۵).

1- Robust DEA

$$\max e=\sum_{r=1}^{s}u_r y_{ro}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{i=1}^{m}v_i x_{io}=1 \qquad i=1,\dots,m \qquad (۱)$$
$$\sum_{r=1}^{s}u_r y_{rj}-\sum_{i=1}^{m}v_i x_{ij}\le 0 \quad j=1,\dots,n$$
$$u_r,v_i\ge 0 \qquad r=1,\dots,s$$

که در آن x و y ماتریس نهاده‌های مورد استفاده و ستاده تولید شده توسط DMU ها است. x_{ij} مقدار نهاده iام واحد تصمیم‌گیری jام و y_{rj} محصول rام آن واحد تصمیم‌گیری می‌باشد. متغیرهای این الگو $u\in R^{s\times 1}$ و $v\in R^{m\times 1}$ هستند. u_r و v_i به‌ترتیب وزن‌های محصولات و نهاده‌ها هستند. هم‌چنین y_{ro} و x_{io} میزان محصولات و نهاده‌های واحد تحت بررسی را نشان می‌دهند. به دلیل این‌که مدل CRS تأثیر مقیاس تولید بر کارایی را نادیده می‌گیرد، بانکر و همکاران (۱۹۸۴) مدل BCC را معرفی نمودند که به آن مدل کارایی فنی خالص (کارایی مدیریتی) نیز گفته می‌شود. در واقع این مدل با در نظر گرفتن بازده متغیر نسبت به مقیاس می‌تواند کارایی تکنیکی و مقیاس را از هم جدا نماید. مزیت اصلی این مدل این است که واحدهای ناکارا تنها با واحدهای کارای هم اندازه خود مقایسه می‌شوند (۳). می‌توان مدل BCC را به صورت رابطه (۲) نشان داد.

$$\max e=\sum_{r=1}^{s}u_r y_{ro}-u_o$$
$$s.t.$$
$$\sum_{i=1}^{m}v_i x_{io}=1 \qquad i=1,\dots,m \qquad (۲)$$
$$\sum_{r=1}^{s}u_r y_{rj}-\sum_{i=1}^{m}v_i x_{ij}-u_o\le 0 \quad j=1,\dots,n$$
$$u_r,v_i\ge 0 \qquad r=1,\dots,s$$
$$u_o \quad free$$

در اینجا x_{ij} مقدار نهاده iام واحد تصمیم‌گیری jام و y_{rj} محصول rام آن واحد تصمیم‌گیری می‌باشد. u_r و v_i وزن‌های محصولات و نهاده‌ها و u_o متغیر بازده به مقیاس است که اسکالر و آزاد در علامت می‌باشد. هم‌چنین y_{ro} و x_{io} میزان محصولات و نهاده‌های واحد تحت بررسی را نشان می‌دهند. چنان‌چه ذکر گردید کارایی فنی خالص بخشی از کارایی را که مربوط به مقیاس واحد تولیدی است جدا می‌نماید. بنابراین می‌توان کارایی مقیاس را از تقسیم کارایی فنی بر کارایی فنی خالص بدست آورد.

(۳) کارایی فنی خالص / کارایی فنی = کارایی مقیاس

کارایی مقیاس در واقع اثر مقیاس واحد تولیدی را بر کارایی آن نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، کارایی مقیاس بخشی از عدم کارایی واحدها را که مربوط به بهینه نبودن اندازه آن‌ها است، محاسبه می‌کند و DMU ها جهت رسیدن به کارایی فنی کامل، ضمن استفاده بهینه از نهاده‌ها می‌بایست در مقیاس بهینه عمل نمایند. بنابراین تنها واحدی دارای کارایی فنی کامل است که هم از نهاده‌ها به صورت بهینه استفاده کند و هم در مقیاس بهینه اقدام به تولید نماید (۲۱).

همان‌طور که قبلا اشاره گردید، مدل‌های کلاسیک DEA با فرض قطعی بودن میزان نهاده‌ها و ستاده‌ها، اقدام به بررسی کارایی DMU ها با استفاده از داده‌های اسمی می‌کنند و توانایی برخورد با عدم قطعیت در داده‌ها را ندارند. به همین دلیل با توجه به عدم قطعیت در داده‌های واقعی، الگوی DEA باید در برابر تغییرات مقاوم گردد. در این پژوهش برای مقابله با عدم قطعیت در داده‌ها از تحلیل پوششی داده‌های استوار بر مبنای رهیافت برتسیماس و سیم (۴) استفاده گردیده است که در زیر به معرفی اجمالی این روش پرداخته شده است.

تحلیل پوششی داده‌های استوار

با توجه به این‌که نااطمینانی در داده‌ها جزء جدایی ناپذیر دنیای واقعی خصوصاً فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد، در این مطالعه فرض می‌شود، هم نهاده‌ها و هم ستاده‌ها تحت شرایط عدم قطعیت بوده و فقط دامنه‌ای که این داده‌ها در آن قرار دارند مشخص است. به این ترتیب نهاده‌ها و ستاده‌ها متعلق به بازه‌های $x_{ij}\in\left[x_{ij}^{L},x_{ij}^{U}\right]$ و $y_{rj}\in\left[y_{rj}^{L},y_{rj}^{U}\right]$ در نظر گرفته شده‌اند. لازم به ذکر است، طول بازه‌های x_{ij} و y_{ij} توسط سطح عدم قطعیت معین در داده‌ها (ε) مشخص می‌گردد که اندازه آن به وسیله محقق تعیین می‌شود (۲۲). بر این اساس می‌توان همتای استوار مدل خطی CCR را به صورت رابطه (۴) ارائه نمود.

$$\max \quad \theta_0$$
$$s.t.$$
$$\sum_{r=1}^{s}u_r y_{ro}-\beta_p^{y}\ge\theta_0$$
$$\sum_{i=1}^{m}v_i x_{io}+\beta_p^{x}=1 \qquad (۴)$$
$$\sum_{r=1}^{s}u_r y_{rj}-\sum_{i=1}^{m}v_i x_{ij}+\beta_j^{y}+\beta_j^{x}\le 0 \quad \forall j\ne p$$
$$\theta_0\le 1 \qquad u_r,v_i\ge 0$$

در اینجا x_{ij} مقدار نهاده iام واحد تصمیم‌گیری jام و y_{rj} محصول rام آن واحد تصمیم‌گیری می‌باشد. u_r و v_i نیز وزن‌های محصولات و نهاده‌ها هستند. هم‌چنین y_{ro} و x_{io} میزان محصولات و نهاده‌های واحد تحت بررسی را نشان می‌دهند.

همان‌طور که در این رابطه مشاهده می‌گردد. تابع محافظت غیرخطی β برای هر محدودیت به صورت جداگانه تعریف شده و تابعی از متغیرهای تصمیم و پارامتر Γ آن محدودیت می‌باشد. درواقع پارامتر Γ جهت تنظیم درجه محافظه‌کاری مدل بکار می‌رود و به آن بودجه عدم قطعیت گفته می‌شود (۱۴). به عبارت دیگر پارامتر Γ میزان استواری مدل را در مقابل درجه محافظه‌کاری جواب تعدیل می‌کند. به این ترتیب دو متغیر $\beta_j^y\left(y,\Gamma_j^y\right)$ و $\beta_j^x\left(x,\Gamma_j^x\right)$ شرایط عدم اطمینان را به مدل DEA متداول اضافه کرده و به محدودیت‌ها کمک می‌کنند تا با وجود عدم قطعیت در داده‌ها، به صورت امکانپذیر باقی بمانند.

اکنون با در نظر گرفتن مجموعه‌های C_j^y و C_j^x (رابطه ۵) به عنوان تمامی حالات وجود پارامترهای نامطمئن در هر محدودیت j، می‌توان متغیرهای $\beta_j^y\left(y,\Gamma_j^y\right)$ و $\beta_j^x\left(x,\Gamma_j^x\right)$ را به صورت رابطه (۶) نشان داد.

$$C_j^y=\left\{S_j^y\cup\left\{t_j^y\right\}\middle|S_j^y\subseteq J_j^y,\left|S_j^y\right|=\left\lfloor\Gamma_j^y\right\rfloor,t_j^y\subseteq J_j^y\setminus S_j^y\right\},$$
$$C_j^x=\left\{S_j^x\cup\left\{t_j^x\right\}\middle|S_j^x\subseteq J_j^x,\left|S_j^x\right|=\left\lfloor\Gamma_j^x\right\rfloor,t_j^x\subseteq J_j^x\setminus S_j^x\right\},\quad (۵)$$

$$\beta_j^y\left(y,\Gamma_j^y\right)=\max_{C_j^y}\left\{\sum_{r\in S_j^y}u_r\left(y_{rj}^U-y_{rj}^L\right)+\left(\Gamma_j^y-\left\lfloor\Gamma_j^y\right\rfloor\right)u_{t_j^y}\left(y_{t_j^y j}^U-y_{t_j^y j}^L\right)\right\},$$
$$\beta_j^x\left(x,\Gamma_j^x\right)=\max_{C_j^x}\left\{\sum_{r\in S_j^y}v_r\left(x_{ij}^U-x_{ij}^L\right)+\left(\Gamma_j^x-\left\lfloor\Gamma_j^x\right\rfloor\right)v_{t_j^x}\left(x_{t_j^x j}^U-x_{t_j^x j}^L\right)\right\}.\quad (۶)$$

در نهایت با ساده‌سازی رابطه (۶) و جاگذاری آن در رابطه (۴)، می‌توان فرم کلی مدل RDEA را به صورت رابطه (۷) بازنویسی نمود (۲۸).

$$\begin{aligned}
&\max\quad \theta_o=\sum_{r=1}^{s}u_r y_{ro}^U-z_o\Gamma_o^y-\sum_{r=1}^{s}p_{ro}\\
&s.t.\\
&\sum_{i=1}^{m}v_i x_{io}^L+z_o\Gamma_o^x+\sum_{i=1}^{m}q_{io}=1\\
&\sum_{r=1}^{s}u_r y_{rj}^L-\sum_{i=1}^{m}v_i x_{ij}^U+z_j\Gamma_j^{xy}+\sum_{r=1}^{s}p_{rj}+\sum_{i=1}^{m}q_{ij}\le 0 && \forall j\ne o\\
&z_j+p_{rj}\ge u_r\left(y_{rj}^U-y_{rj}^L\right) && \forall r,j \qquad (۷)\\
&z_j+q_{ij}\ge v_i\left(x_{ij}^U-x_{ij}^L\right) && \forall i,j\\
&\Gamma_o^y+\Gamma_o^x=\Gamma\\
&\theta_o\le 1\\
&z_j,p_{rj},q_{ij}\ge 0 && \forall r,i,j\\
&u_r,v_i\ge 0 && \forall r,i
\end{aligned}$$

متغیرهای z، p و q در رابطه (۷)، متغیرهای هستند که جهت استوارسازی مدل اضافه شده‌اند. در این مدل، پارامتر Γ برای هر محدودیت به صورت مجزا تعریف می‌شود و مقدار آن در بازه $\left[0,\left|J_j\right|\right]$ قرار می‌گیرد که J_j تعداد پارامترهای نامطمئن در محدودیت j می‌باشد. بنابراین با تغییر مقدار پارامتر Γ در بازه صفر تا تعداد پارامترهای نامطمئن می‌توان به تحلیل حساسیت مدل پرداخته و تأثیر سطح محافظه‌کاری بر قابلیت اعتماد جواب بهینه را مورد سنجش قرار داد. هنگامی که Γ برابر صفر باشد، هیچ‌گونه محافظتی در مقابل عدم قطعیت صورت نخواهد گرفت و نتایج مدل DEA و RDEA یکسان خواهد گردید. هنگامی که Γ برابر $\left|J_j\right|$ باشد، مدل به صورت کامل در مقابل عدم قطعیت محافظت می‌شود (۲۸). مقدار پارامتر Γ خود تابعی از احتمال انحراف هر محدودیت از کران خودش است که بر اساس رهیافت برتسیماس و سیم (۴)، مقدار این پارامتر به وسیله رابطه (۸) تعیین می‌شود.

$$\Gamma_j=1+\Phi^{-1}\left(1-P_j\right)\sqrt{n}\qquad (۸)$$

که در اینجا، P_j احتمال انحراف محدودیت j از کران خود، n تعداد پارامترهای نامطمئن در محدودیت j و Φ تابع توزیع تجمعی گاوسی استاندارد می‌باشد. بنابراین می‌توان با تغییر احتمال انحراف محدودیت‌ها، تأثیر سطح محافظه‌کاری را بر قابلیت اعتماد جواب‌های بدست آمده مورد سنجش قرار داد. نکته قابل توجه این‌که هنگامی که P برابر ۱ باشد، Γ برابر صفر خواهد شد و هیچ‌گونه محافظتی در مقابل عدم قطعیت صورت نخواهد گرفت و هنگامی که P برابر ۰ باشد، Γ برابر $\left|J_j\right|$ می‌گردد. در این حالت مدل به صورت کامل در مقابل عدم قطعیت محافظت می‌شود و نتایج مدل معادل نتایج مدل متداول خواهد گردید (۲۳).

چنان‌چه پیش‌تر بیان گردید، جامعه آماری این مطالعه، استان‌های تولیدکننده قارچ خوراکی در کشور می‌باشد که با توجه به آمار و اطلاعات موجود، تمامی ۳۱ استان ایران، تولیدکننده این محصول هستند. داده‌های موردنیاز در این پژوهش، از سایت مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ (۲۹) استخراج شده است که شامل ۸ ورودی هزینه "کود و مواد آلی"، "بستر"، "سموم و مواد ضدعفونی‌کننده"، "اسپان (بذر)"، "آب، برق و سوخت"، "پرداختی‌ها"، "نیروی کار"، " سایر" و خروجی "ارزش تولید" است. در ادامه توضیح مختصری در مورد نهاده‌ها و ستاده بکار رفته در این تحقیق و اهمیت آن‌ها داده می‌شود.

ورودی‌های مدل

۱- هزینه بستر: با توجه به این‌که قارچ خوراکی نمی‌تواند به صورت مستقیم از مواد آلی خاک تغذیه نماید، می‌بایست از کمپوست جهت تأمین مواد مورد نیاز در رشد قارچ، استفاده نمود. علاوه بر کمپوست، خاک پوششی نیز تأثیر بسیاری بر عملکرد در

واحد سطح قارچ دارد. این هزینه شامل هزینه صرف شده برای کمپوست آماده و خاک پوششی است.

۲- هزینه کود (کود و مواد آلی): این نهاده میانگین هزینه کودمرغی، کود ازته، سنگ آهک، سنگ گچ و ملاس می‌باشد که در تهیه و یا بهبود کمپوست استفاده می‌شوند.

۳- هزینه مواد شیمیایی: در پرورش قارچ نیز همانند تولید سایر محصولات کشاورزی از سموم و مواد ضدعفونی کننده مختلفی استفاده می شود. سموم استفاده شده از الکل، وایتکس و موادشوینده ای مانند صابون شروع و به سموم شیمیایی نظیر مالاتیون و دیازیتون ختم می‌شود. هزینه تهیه این سموم به همراه هزینه مواد ضد عفونی‌کننده‌ای که به منظور پیشگیری از خسارات ناشی از عوامل بیماری زای خاک استفاده می‌گردد، در این نهاده گنجانده شده است.

۴- هزینه اسپان: به بذر اولیه تولید قارچ، اسپان گفته می‌شود که در تهیه قارچ خوراکی از آن استفاده می‌شود. این بذر از تلقیح دانه‌های استریل‌شده غلات با میسیلیوم خالص تهیه می‌گردد.

۵- هزینه انرژی: آب، برق و سوخت سه عنصر مهم در تأمین رطوبت، تنظیم دما، نور و ... در پرورش قارچ خوراکی هستند. نفت سفید، گازوئیل، بنزین، گاز مایع و گاز طبیعی از جمله سوخت‌هایی هستند که در این واحدها استفاده می‌شود. مجموع هزینه این سه فاکتور به عنوان نهاده هزینه انرژی استفاده شده است

۶- هزینه پرداختی‌ها: هزینه تعمیرات جزئی (شامل ساختمان، ماشین آلات و وسایل نقلیه است)، اجاره ساختمان، ارتباطات (پست، تلفن و ...)، حق بیمه های تجاری، لوازم بسته‌بندی، کاغذ نوشت‌افزار و لوازم کم دوام و بی دوام دفتری، خدمات کشاورزی، خدمات حقوقی، حسابرسی، سایر خدمات کسب و کار و مزدهای بانکی و سایر هزینه پرداختی‌ها در این نهاده گنجانده شده است.

۷- هزینه نیروی کار: به دلیل عدم وجود روش مکانیزه کاملی که تمام نیاز تولیدکنندگان قارچ خوراکی را برآورده کند، اکثر عملیات قارچ خوراکی در سراسر دنیا به صورت دستی انجام می‌گیرد و این مهم، اهمیت وجود نیروی کار را در آن نشان می‌دهد.

۸- سایر هزینه‌ها: اخیراً تکنیک‌های کشت در کیسه‌های پلاستیک استریلیزه شده به صورت گسترده‌ای در حال توسعه است و در تولید قارچ خوراکی نیز استفاده می‌شود. کیسه کشت و سایر هزینه‌های اضافی مربوط به این نوع کشت قارچ خوراکی به عنوان یک نهاده درنظر گرفته شده است.

خروجی مدل

ارزش تولید: در نهایت متوسط ارزش تولید قارچ خوراکی برای هر یک از استان‌های کشور به عنوان ستاده در این پژوهش در نظر گرفته شده است.

نتایج و بحث

در این بخش نتایج بدست آمده از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار مورد بحث قرار گرفته است. به این منظور توصیف آماری داده-های استان‌های تولیدکننده قارچ، در جدول (۱) ارائه گردیده است. چنان‌چه در این جدول مشاهده می‌شود، تفاوت میان ارزش تولید قارچ خوراکی در بین استان‌های کشور بسیار زیاد بوده و از حدود ۳ میلیون (استان هرمزگان) تا ۶۳۷ میلیون (استان البرز) ریال متغیر است. درصد ضریب تغییرات متناظر با این متغیر هم ۱۲۸/۴۰ درصد است که پراکندگی متوسط ارزش تولید در استان‌های کشور را نشان می‌دهد. در بین نهاده‌های تولید نیز، هزینه کود و مواد آلی و پس از آن متغیر سایر هزینه‌ها به ترتیب با ۳۱۹/۴۱ و ۲۸۷/۸۹ درصد بالاترین ضریب تغییرات را دارند. هم‌چنین هزینه انرژی با این‌که پایین‌ترین ضریب تغییرات را در بین سایر نهاده‌ها دارد، از نوسان بالایی برخوردار است. با توجه به این‌که تفاوت میان مقدار حداقل و حداکثر و درنتیجه آن، ضریب تغییرات تمامی داده‌ها، نسبتاً بالا است؛ بررسی عدم قطعیت و استفاده از مدل‌هایی که در مقابل آن مقاوم هستند، ضروری به نظر می‌رسد.

با عنایت به ادبیات بهینه‌سازی استوار به روش برتسیماس و سیم (۲۰۰۴) جهت بررسی اثر سطح محافظه‌کاری مدل بر میزان کارایی واحدهای مربوطه، نتایج مدل RDEA برای سطح عدم قطعیت (ε) ۱۰ درصد و سه سطح احتمال، ۱۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد برآورد و مقایسه گردیده است. نتایج حاصل از این مدل در جدول (۲) ارائه شده است که برای سهولت کار، واحدها با توجه به میزان کارایی به ۶ دسته واحدهای با کارایی کمتر از ۰/۶، بین ۰/۶ تا ۰/۷، ۰/۷ تا ۰/۸، ۰/۸ تا ۰/۹، ۰/۹ تا ۱ و واحدهای با کارایی ۱ تقسیم شده اند. هم‌چنین به منظور بررسی بهتر وضعیت کارایی واحدهای تحت بررسی، تعداد واحدهای موجود در هر دسته به همراه شاخص‌های آماری آن در این جدول آورده شده است.

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، هرچه محافظه‌کاری مدل افزایش پیدا می‌کند، از میانگین کارایی واحدها کاسته می‌شود. به طوری‌که با کاهش P از ۱ به ۰/۸ و ۰/۱، میانگین کارایی تولیدکنندگان قارچ از ۹۳ درصد به ترتیب به ۸۹ و ۸۵ درصد کاهش یافته است. هم‌چنین زمانی که P برابر ۱ بوده و هیچ‌گونه محافظتی در برابر عدم قطعیت داده‌ها صورت نمی‌گیرد، ۲۱ واحد دارای کارایی کامل بوده و هیچ‌کدام از استان‌های تولیدکننده قارچ کارایی کم‌تر از ۶۰ درصد نداشته‌اند.

جدول ۱- توصیف آماری ورودی‌ها و خروجی استان‌های تولیدکننده قارچ خوراکی (میلیون ریال)

Table 1- Statistical Description of inputs and outputs of Provinces producing edible mushrooms (Million Rials)

نوع داده Data		ضریب تغییرات Coefficient of variation	انحراف معیار Standard deviation	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	میانگین Average
ستاده Output	ارزش تولید Production Value	128.40	145.19	637.85	3.09	113.07
نهاده‌ها Input	بستر Substrate	140.34	72.22	313.84	0.50	51.46
	کود Fertilizer	319.41	10.34	56.82	0	3.24
	موادشیمیایی Chemicals	157.67	1.07	5.66	0.001	0.68
	اسپان Span	186.98	0.65	2.32	0	0.35
	انرژی Energy	114.54	4.32	17.40	0.33	3.77
	پرداختی‌ها Payments	125.82	6.54	28.84	0.26	5.20
	نیروی کار Labour	137.79	25.82	114.38	0.46	18.74
	سایر Other	287.89	3.52	18.97	0	1.22

مأخذ: یافته‌های تحقیق Source: Research findings

اما با کاهش پارامتر P به ۸۰ و ۱۰ درصد به ترتیب تعداد واحدهای کارا به ۱۶ و ۱۱ واحد کاهش یافته، ۲ و ۴ استان کشور کارایی کمتر از ۶۰ درصد را نشان داده‌اند. این امر مبین نامطمئن بودن نتایج مدل DEA در مواردی است که داده‌ها با عدم قطعیت روبرو هستند. این نتایج با مطالعات مردانی نجف‌آبادی و ضیائی (۱۵) و صبوحی و مردانی (۲۲)، مطابقت دارد. لازم به ذکر است، با توجه به تفاوت میان حداقل و حداکثر کارایی واحدها، پتانسیل بالایی برای افزایش کارایی و درنتیجه سودآوری بیشتر واحدهای تولیدکننده قارچ وجود دارد. به طوری‌که حتی در مدل DEA میان کم‌ترین و بیش‌ترین میزان کارایی ۳۹ درصد تفاوت وجود دارد، بنابراین استانی که کم‌ترین میزان کارایی را دارد (استان تهران)، با اصلاح در روند تولید خود می‌تواند تا ۳۹ درصد کارایی خود را بهبود بخشد. لازم به ذکر است، با کاهش احتمال انحراف محدودیت از کران خود، دامنه کارایی واحدها افزایش یافته و این استان جهت رسیدن به کارایی کامل در دو سطح P برابر ۰/۸ و ۰/۱، می‌بایست به‌ترتیب تا ۴۷ و ۵۲ درصد کارایی خود را افزایش دهد. پس از استان تهران، دو استان خراسان رضوی و سیستان بلوچستان به ترتیب با ۶۴ و ۶۸ درصد (در مدل DEA) دارای کم‌ترین کارایی فنی در تولید قارچ خوراکی هستند.

از آنجایی‌که کارایی فنی ترکیبی از کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص است، محاسبه این دو معیار می‌تواند به یافتن علل ناکارایی واحدها کمک نماید. از این‌رو میزان کارایی فنی، کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص در ε=0.1 و سه سطح P برابر با ۱۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد به صورت نمودار ۱ ارائه شده است. طبق این نمودار در همه سطوح احتمال، کارایی فنی خالص (حتی با درنظر گرفتن عدم قطعیت در داده‌ها)، بالا می‌باشد و به غیر از دو استان سیستان و بلوچستان و یزد، این معیار در تمامی سطوح احتمال انحراف از کران خود تحت بررسی، بالاتر از ۹۰ درصد بوده است. این امر بیانگر مهارت مدیریتی و آگاهی تولیدکنندگان قارچ از مقدار بهینه مصرف و روش‌های تولید این محصول است. در میان استان‌های کشور، استان یزد با کارایی فنی خالص ۷۷، ۶۸ و ۶۳ درصد به ترتیب در سه سطح P برابر ۱، ۰/۸ و ۰/۱، کم‌ترین میزان کارایی فنی خالص را داشته است و لازم به ذکر است که این استان از لحاظ کارایی مقیاس، در همه سطوح P کاملا کارا بوده است. بنابراین عدم کارایی فنی این استان به دلیل کمبود دانش فنی و مدیریتی تولیدکنندگان قارچ در این استان اتفاق افتاده است. قاسمی کردخیلی و همکاران (۲۱) نیز در بررسی کارایی تولیدکنندگان قارچ در استان مازندران، کارایی فنی خالصی معادل ۹۷ درصد به دست آورده و به این نتیجه رسیدند که این واحدها از دانش و مهارت مناسبی برخوردارند.

جدول ۲- نتایج حاصل از برآورد کارایی فنی با درنظرگرفتن ε=0.1 و سطوح مختلف P

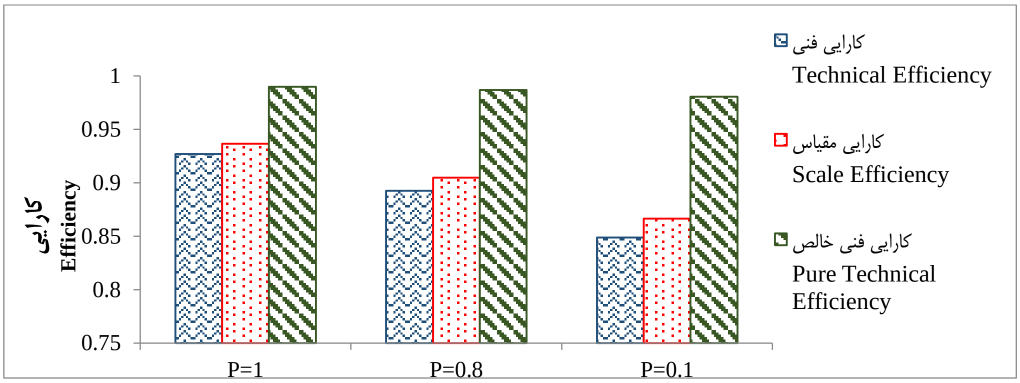
Table 2. Results of estimation of technical efficiency with ε=0.1 and different levels of P

ردیف Category	ضریب تغییرات Coefficient of variation	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Average	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	فراوانی Frequency
		DEA (P=1)				
<0.6	-	-	-	-	-	-
0.6-0.7	6.05	0.04	0.65	0.69	0.61	3
0.7-0.8	4.57	0.03	0.75	0.77	0.71	3
0.8-0.9	1.89	0.02	0.88	0.90	0.87	3
0.9-1			0.92	0.92	0.92	1
1	0	0	1	1	1	21
جمع کل (Sum)	13.34	0.12	0.93	1	0.61	31
		RDEA (P=0.8)				
<0.6	5.32	0.03	0.55	0.57	0.53	2
0.6-0.7	4.78	0.03	0.66	0.69	0.62	4
0.7-0.8	2.25	0.02	0.77	0.79	0.76	2
0.8-0.9	5.01	0.04	0.84	0.89	0.81	3
0.9-1	3.02	0.03	0.97	0.99	0.93	4
1	0	0	1	1	1	16
جمع کل (Sum)	17.15	0.15	0.89	1	0.53	31
		RDEA (P=0.1)				
<0.6	7.37	0.04	0.53	0.58	0.48	4
0.6-0.7	3.48	0.02	0.62	0.63	0.60	2
0.7-0.8	2.89	0.02	0.73	0.74	0.70	4
0.8-0.9	3.19	0.03	0.85	0.89	0.81	5
0.9-1	3.07	0.03	0.96	0.99	0.92	5
1	0	0	1	1	1	11
جمع کل (Sum)	20.32	0.17	0.85	1	0.48	31

مأخذ: یافته‌های تحقیق		Source: Research findings

بنابراین با توجه به نمودار ۱ مهم‌ترین علت ناکارایی فنی، بهینه نبودن مقیاس تولید قارچ در کشور می‌باشد و تنها راه رسیدن به کارایی از طریق بهینه نمودن مقیاس تولید واحدهای ناکارا میسر است. با توجه به نتایج برآورد کارایی مقیاس، استان‌های تهران و خراسان رضوی با ۶۱ و ۶۴ درصد (در P=1)، کم‌ترین کارایی مقیاس را داشته‌اند و با توجه به این‌که هر این استان‌ها در تولید قارچ خوراکی از لحاظ کارایی فنی خالص کاملا کارا بوده‌اند، علت ناکارایی آن‌ها، تنها کشت در مقیاس غیر بهینه بوده است. مردانی نجف‌آبادی و ضیائی (۱۵) نیز نشان دادند که میانگین کارایی فنی خالص در تمام سطوح احتمال P و عدم اطمینان معین، از میانگین کارایی فنی بیشتر است. محبان و همکاران (۱۷) نیز در مطالعه‌ی خود به این نتیجه رسیدند که کارایی فنی خالص از کارایی مقیاس بیشتر بوده و علت اصلی ناکارایی فنی، بهینه نبودن مقیاس واحدهای تولیدی است.

طبق نتایج ذکر شده، برخی از تولیدکنندگان قارچ کارا نبوده و می‌بایست با توجه به نحوه تولید واحدهای کارا، مصرف نهاده‌های خود را اصلاح کنند. لذا در جدول ۳ میانگین مقدار واقعی و مطلوب نهاده‌های مصرفی و درصد تغییر مصرف بهینه نهاده‌ها نسبت به مقدار مصرف واقعی آن‌ها برای ε=0.1 و در سطوح مختلف P ارائه گردیده است. چنان‌چه در این جدول ملاحظه می‌گردد، بیش‌ترین درصد تفاوت بین مصرف بهینه و مصرف واقعی، در تمامی سطوح P مربوط به نهاده هزینه اسپان (بذر) است. بنابراین این نهاده از مهم‌ترین دلایل ناکارایی تولیدکنندگان قارچ کشور می‌باشد. از آنجایی‌که هیچ گونه ضمانت دائمی از بابت بذرهای خریداری شده از بیرون وجود ندارد، برخی از واحدهای تولید قارچ، درصدد خوداتکایی تولید بذر خود برآمده‌اند.



شکل ۱- میانگین کارایی فنی، کارایی مقیاس وکارایی فنی خالص واحدها در ε=0.1 و سطوح مختلف P

Figure 1- The average of technical efficiency, scale efficiency and pure technical efficiencyof units at ε=0.1 and different levels of P

بنابراین تفاوت در نحوه تأمین اسپان مورد نیاز مـی‌توانـد تفـاوت زیادی در میزان کارایی واحدها ایجاد نماید. سـعیدی (۲۵) در بررسـی سودآوری گلخانه‌های تولید قارچ ایـران در بـازه زمـانی ۲۰ سـاله، بـر اهمیت خوداتکایی تولید بذر در سودآوری آن‌ها تأکید نموده‌اند. صـالح و همکاران (۲۶) نیز در پژوهش خود نشان دادند که واحـدهای تولیـد قارچ موفق در تهران ۱۰۰ درصد اسپان را خودشان تولید می‌کننـد، در حالی که واحدهای کم‌تر موفق تنها ۴۷ درصـد اسـپان خـود در سـال ۱۳۸۷ را تولید کرده‌اند. کم‌ترین میزان درصد تغییرات بدسـت آمـده از مدل RDEA نیز متعلق به نهاده هزینه بستر می‌باشد.

از دیگر نتایج ارائه شده در جدول ۳ مـی‌تـوان بـه تـأثیر احتمـال انحراف محدودیت از کران خود بر درصد تغییر مصرف مطلوب نسبت به مصرف واقعی نهاده‌ها اشاره نمود. طبق این جدول، با کاهش P بـر تفاوت میان مقدار واقعی و مطلوب مصرف نهاده‌ها افزوده می‌شود.

جدول ۳- میانگین مقادیر واقعی و بهینه مصرف نهاده‌ها و درصد تغییرات آن‌ها نسبت به مقدار مصرف واقعی، در سطح ε=0.1 و سطوح مختلف P

Table 3- The average of actual and optimal usage values and percent change over the actual value at the ε =0.1 and different levels of P

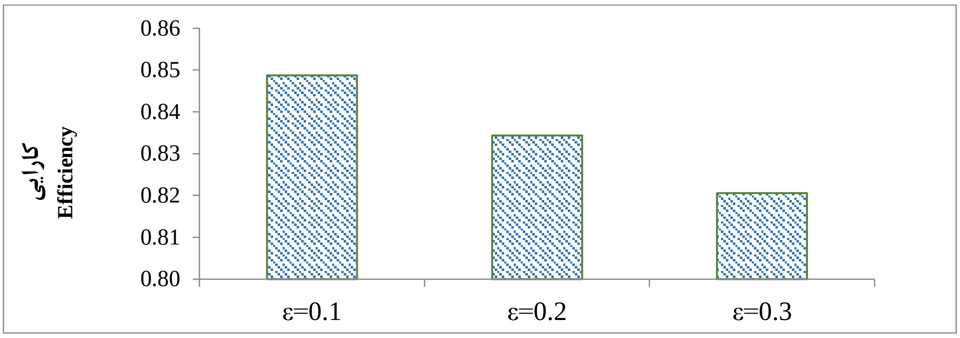
واحد مقادیر میلیون ریال می‌باشد.

The unit of values is one Million Rials.

		سایر Other	کود Fertilizer	مواد شیمیایی Chemicals	اسپان Span	انرژی Energy	پرداختی‌ها Payments	نیروی کار Labour	بستر Substrate
P=1	مقدار واقعی Actual value	1.226	3.192	0.678	0.349	3.784	5.200	18.510	51.383
	مقدار بهینه Optimal value	0.417	1.135	0.474	0.111	3.102	4.089	15.542	44.106
	درصد تغییرات Percentage of variation	-66.00	-64.45	-30.12	-68.28	-18.02	-21.36	-16.04	-14.16
P=0.8	مقدار بهینه Optimal value	0.540	1.228	0.408	0.078	2.805	3.450	11.774	39.181
	درصد تغییرات Percentage of variation	-55.94	-61.51	-39.86	-77.78	-25.88	-33.66	-36.39	-23.75
P=0.1	مقدار بهینه Optimal value	0.513	1.209	0.399	0.073	2.721	3.150	11.507	38.573
	درصد تغییرات Percentage of variation	-58.11	-62.11	-41.12	-79.21	-28.10	-39.42	-37.83	-24.93

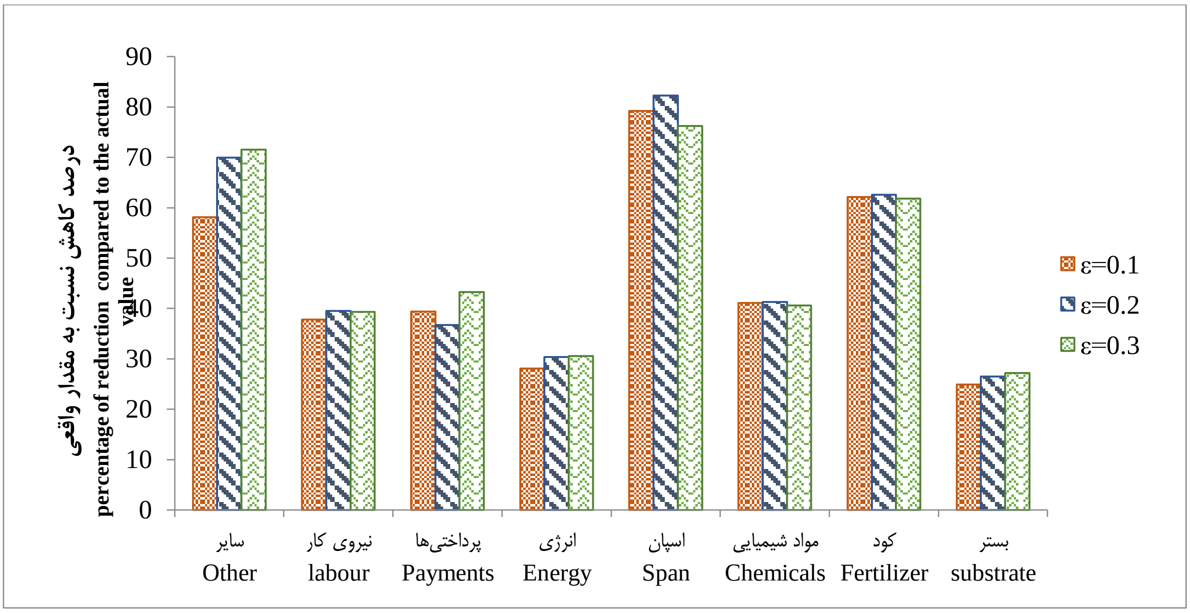
Source: Research findings — مأخذ: یافته‌های تحقیق

به عنوان مثال برای نهاده هزینه نیروی کار، با کاهش P از ۱۰۰ به ۸۰ و ۱۰ درصد، درصد کاهش میانگین مصرف مطلوب واحدها نسبت به میانگین مصرف واقعی آن‌ها از ۱۶/۰۴ درصد به ۳۶/۳۹ و ۳۷/۸۳ درصد افزایش یافته است. ملاحظه می‌گردد که با کاهش احتمال انحراف محدودیت، میانگین مصرف بهینه‌ی نهاده‌ها کاهش یافته و لذا درصد تغییر مصرف نهاده‌ها در حالت بهینه نسبت به حالت واقعی افزایش و بر میزان ناکارایی افزوده شده است. نتایج ارائه شده در جدول ۳، با مطالعه مردانی نجف‌آبادی و ضیائی (۱۵) مطابقت دارد.



شکل ۲- میانگین کارایی فنی واحدها در سطوح مختلف ε و P=0.1

Figure 2- The average of technical efficiency of units at different levels of ε and P=0.1



شکل ۳- درصد کاهش مصرف نهاده‌ها نسبت به مصرف واقعی در سطوح مختلف ε و P=0.1

Figure 3- percentage of reduction of inputs usage compared to the actual value at different levels of ε and P = 0.1

یکی دیگر از پارامترهای تأثیرگذار بر نتایج مدل RDEA سطح عدم قطعیت می‌باشد. به همین منظور نمودار میانگین کارایی واحدها و درصد کاهش مقدار بهینه نسبت به مقدار واقعی مصرف نهاده‌ها، در سطوح عدم قطعیت متفاوت و P برابر با ۱۰ درصد، ترسیم شده است. با توجه به نمودار ۲ با افزایش سطح عدم قطعیت از ۰/۱ به ۰/۲ و ۰/۳ میانگین کارایی از ۸۵ درصد به ۸۳ و ۸۲ درصد کاهش می‌یابد. به منظور تحلیل حساسیت اثر سطوح عدم قطعیت بر درصد تغییر میانگین مصرف مطلوب نهاده‌ها نسبت به میانگین مصرف در شرایط واقعی نیز، این آماره برای سطوح عدم قطعیت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و سطوح مختلف P محاسبه گردید که جهت خلاصه نمودن توضیحات تنها اثر سطوح مختلف بر این آماره، در سطح P=0.1 به صورت نمودار ۳ رسم گردیده است. همان‌طور که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود، در تمامی سطوح ε، نهاده هزینه اسپان بیش‌ترین درصد کاهش نسبت به مقدار واقعی را داشته است که بیانگر ناکارامدی تولیدکنندگان قارچ در تهیه و استفاده از این نهاده می‌باشد. هم‌چنین نهاده هزینه بستر کم‌ترین درصد کاهش نسبت به مقدار واقعی را در

تمامی سطوح ε داشته است که بیانگر استفاده بهینـه تولیدکننـدگان قارچ کشور از کمپوست و خاک پوششی می‌باشد. لازم به ذکـر اسـت، با تغییر سطح عدم قطعیت میزان تفاوت میان مصرف بهینـه و واقعـی نهاده‌ها تغییر می‌نماید که این امر بر اهمیت تعیین سطح عدم قطعیت مناسب با شرایط موجود می‌افزاید.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

قارچ خوراکی نقش مهمی در غنی ساختن سبد مصرفی خانواده‌ها از نظر کمی و کیفی دارد و روز به روز بر اهمیت آن افـزود مـی‌شـود. چنان‌چه تولیدکنندگان قارچ در کشور بتواند با کسب دانـش مناسـب و بهبود نحوه تولید خود، از نهاده‌های موجود حداکثر محصـول را تولیـد کنند، قیمت این محصول کاهش یافته و بر رفاه مصرف‌کننـدگان نیـز افزوده می‌شود. در همین راستا ایـن پـژوهش بـا هـدف انـدازه‌گیـری کارایی استان‌های تولیدکننده قارچ در کشور و تعیین علـل ناکارامـدی تولیدکننـدگان ایـن محصـول انجـام گرفتـه اسـت. از آنجـایی‌کـه تولیدکنندگان در دنیای واقعی همواره با شرایط توأم بـا عـدم قطعیـت روبرو هستند، در این مطالعه سعی شده است، با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار از حساسیت مدل DEA به تغییر در داده‌های ورودی و خروجی کاسته و نتایج قابل اعتمادتری ارائـه گـردد. جهـت محاسبه کارایی فنی، کارایی مقیاس و کارایی فنی خالص از ۸ ورودی و ۱ خروجی ارزش تولید استفاده گردید. طبق نتـایج بدسـت آمـده در این پژوهش، در تمامی سطوح احتمـال انحـراف محـدودیت از کـران خود، میانگین کارایی فنی خالص (مدیریتی) بالاتر از ۹۸ درصد بوده و از دو معیار کارایی مقیاس و کارایی فنی بیشتر بـوده اسـت. ایـن امـر بیانگر دانش و مهارت تولیدکنندگان قارچ و مصرف بهینه نهاده‌هـا در تولید این محصول می‌باشد. بنابراین بیش‌تـرین علـت ناکـارایی فنـی بهینه نبودن مقیاس تولید بوده است. لذا به افرادی که قصـد ورود بـه این فعالیت را دارند، توصیه می‌گردد، اندازه بهینه واحد تولیـد را مـورد توجه قرار دهند. علاوه بـراین بـه سیاسـت‌گـذاران و ارائـه دهنـدگان تسهیلات مالی در بخش کشاورزی پیشنهاد می‌شود تا زمینـه اعطـای تسهیلات لازم در جهت توسعه واحدهای کوچک را تسهیل نمایند.

از دیگـر نتـایج ایـن مطالعـه ایـن‌کـه در تمـامی سـطوح P و ε، بیش‌ترین درصد تغییر در مصرف بهینه نسبت به مقدار واقعی نهاده‌ها، مربوط به هزینه اسپان بوده است که بیانگر ناکارایی واحدها در تأمین و مصرف این نهاده می‌باشد. با توجه به مطالعات پیشین نظیر صالح و همکاران (۲۶) و سعیدی (۲۵)، واحدهای سودآور در تولید قـارچ، بـذر مورد نیاز خود را تولید می‌کنند. لذا کسب دانش و مهارت در تولید بذر و خوداتکایی در تهیه آن می‌تواند ، ناکارایی واحدها را تـا حـد زیـادی کاهش دهد. در انتها با توجه به این‌که سطح عدم قطعیـت بـر نتـایج کارایی و سطح بهینه نهاده‌هـا تـأثیر بسـیاری دارد، انجـام مطالعـه در زمینه سطح مناسب عدم قطعیت با توجه به شرایط واقعی تولید قـارچ در کشور، می‌تواند بر اعتبار نتایج مدل RDEA بیافزاید.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی بـا عنـوان " تعیـین کـارایی قارچ خوراکی در استان‌های کشور با استفاده از تحلیل پوششی داده‌هـا در شرایط عدم حتمیت" به شماره ۹۹۱/۱۰ بوده کـه بـدین وسـیله از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشـاورزی و منـابع طبیعـی خوزستان تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Abdi E., Dashti G., Ghahremanzadeh M., Hosseinzad J. 2016. Analyzing the technical efficiency and technology gap of poultry units in Sanandaj County. Journal of Animal Science Researches 26(3): 49-61. (In Persian with English abstract)
2. Atıcı K.B., and Gülpınar N. 2016. Robust DEA Approaches to Performance Evaluation of Olive Oil Production Under Uncertainty, Robustness Analysis in Decision Aiding, Optimization, and Analytics. Springer, pp. 299-318.
3. Barnes A. 2006. Does multi-functionality affect technical efficiency? A non-parametric analysis of the Scottish dairy industry. Journal of Environmental Management 80(4): 287-294.
4. Bertsimas D., and Sim M. 2004. The price of robustness. Journal of Operations Research Letters 52(1): 35–53.
5. Charnes A., Cooper W.W., and Rhodes E. 1978. Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Research 2(6): 429-444.
6. Dlamini N.P., Masuku M.B., and Rugambisa J.I. 2018. Technical Efficiency of Mushroom Farmers in Swaziland. Development 6, 145-156.
7. Farashah H.R., Tabatabaeifar S.A., Rajabipour A., Sefeedpari P. 2013. Energy Efficiency analysis of white button mushroom producers in Alburz Province of Iran: A data envelopment analysis approach.
8. Farrell M.J. 1957. The Measurement of Productive Efficiency. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General) 120(3): 253-290.
9. Farsi M., Pouyanfar H. 2013. Cultivation and modification of edible white button mushroom Jehad-e Daneshgahi of Mashhad, Mashhad. (In Persian)

10. Mardani M., and Salarpour M. 2015. Measuring technical efficiency of potato production in Iran using robust data envelopment analysis. Information Processing in Agriculture 2(1): 6-14.
11. Mardani Najafabadi M., and Abdeshahi A. 2019. Evaluating Uncertainty of Palm Trees Efficiency in Ahvaz County: Application of Robust Data Envelopment Approach and Monte Carlo Simulation. Journal of Agricultural Economics and Development 33(2): 191-204. (In Persian with English abstract)
12. Mardani Najafabadi M., Mirzaei A., Abdeshahi A., and Azarm H. 2020. Determining the efficiency of broiler chicken units in Sistan region, using interval data envelopment analysis and Mont Carlo simulation approach. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 51(2): 179-194. (In Persian with English abstract)
13. Mardani Najafabadi M., Mirzaei A., and Ohadi N. 2021. Investigating the Rice Energy Efficiency Using Interval Fuzzy Data Envelopment Analysis Model (Case Study: Rice Farmers in Golestan Province). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 51(4): 661-677. (In Persian with English abstract)
14. Mardani Najafabadi M., and Taki M. 2020. Robust data envelopment analysis with Monte Carlo simulation model for optimization the energy consumption in agriculture. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 1-15.
15. Mardani Najafabadi M., and Ziaee S. 2017. Determining the efficiency of irrigated wheat farms in Neyshabur County under uncertainty. Journal of Agricultural Economics and Development 30(2): 136-147. (In Persian with English abstract)
16. Mardani Najafabadi M., Ziaee S., Nikouei A., Ahmadpour Borazjani M. 2019. Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. Agricultural Systems 173: 218-232.
17. Moheban P., Mousavi S.N., and Nagafi B. 2017. Efficiency of Agricultural Processing Industry in Iran. Agricultural Economics Research 8(32): 79-100. (In Persian with English abstract)
18. Nadi A., Hori H., Sadeghi Z., and Shaban M. 2015. Assessing the impact of environmental variables on the technical efficiency of major edible mushroom producers using a two-step process, International Conference on Management and Economics in the 21st Century. (In Persian with English abstract)
19. Ohadi N., Shahraki J., Pahlavani M., Mardani Najafabadi M. 2019. Evaluating and Ranking of Environmental Efficiency of Oil-Rich Countries. Economic Development Policy 6(2): 124-146. (In Persian with English abstract)
20. Omrani H. 2013. Robust data envelopment analysis model with fuzzy perturbation in inputs and outputs. International Journal of Industrial and Systems Engineering 15(4): 426-442.
21. Qasemi-Kordkheili P., Asoodar M.A., Taki M., and Keramati-E-Asl M.S. 2013. Energy consumption pattern and optimization of energy inputs usage for button mushroom production. International Journal of Agriculture 3(2): 361.
22. Sabouhi M., and Mardani M. 2017. Linear robust data envelopment analysis: CCR model with uncertain data. International Journal of Productivity and Quality Management 22(2): 262-280.
23. Sadjadi S., and Omrani H. 2008. Data envelopment analysis with uncertain data: An application for Iranian electricity distribution companies. Energy Policy 36(11): 4247-4254.
24. Sadrnia H., Khojastehpour M., Aghel H., and Olya A.S.R. 2017. Analysis of different inputs share and determination of energy Indices in broilers production in Mashhad city. Journal of Agricultural Machinery 7(1): 285-297. (In Persian with English abstract)
25. Saedi A. 2005. Analysis of Factors Affecting the Profitability of Greenhouse Mushroom in Tehran Province, Agriculture and Natural Resources. Tehran. (In Persian with English abstract)
26. Saleh A., Saedi A., and Yazdani S. 2008. Analysis of Factors Affecting the Profitability of Botton Mushroom Firms in Tehran Province. Pajouhesh-Va-Sazandegi 21(3): 53-61. (In Persian with English abstract)
27. Salehi M. 2013. Energy required and economical analysis of button mushroom production in Isfahan district using data envelopment analysis, Agricultural Mechanization Engineering. (In Persian with English abstract)
28. Shokouhi A.H., Hatami-Marbini A., Tavana M., and Saati S. 2010. A robust optimization approach for imprecise data envelopment analysis. Computers & Industrial Engineering 59(3): 387-397.
29. Statistical Center of Iran, 2017. Amount and cost of inputs for edible mushroom production by provinces of Iran. https://www.amar.org.ir/. (In Persian)
30. Statistical Center of Iran, 2018. Amount and cost of inputs for edible mushroom production by provinces of Iran. https://www.amar.org.ir/. (In Persian)
31. Thi Vu H., Peng K.C., and Purnamasari M. 2018. Technical Efficiency of Edible Mushroom production farms in Thai Nguyen province, Vietnam. International Journal of Scientific & Engineering Research 9(7): 264-270.

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 35, No. 3, Fall 2021, p. 231-244

نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۲۴۴-۲۳۱

Determining the Efficiency and Optimal Use of Inputs under Uncertainty Conditions for Production of Edible Mushrooms in Iran

M. Mardani Najafabadi[1*]- A. Abdeshahi[2]- F. Yavari[3]- F. Naghibeiranvand[4]

Received: 10-04-2021
Accepted: 28-06-2021

Introduction: The cultivation of edible mushrooms is expanding rapidly due to its nutritional and medicinal values as well as its economic benefits. However, lack of knowledge and principled management may cause many problems for producers or even bring them closer to the bankruptcy brink. The first step to improve the efficiency of units is finding an appropriate method to measure it. Data Envelopment Analysis (DEA) is one of the methods that is widely used to evaluate the relative efficiency of a homogenous set of DMUs. Despite the many advantages of this model, the high sensitivity of DEA to even a small change in the data reduces the validity of its results. In fact the conventional DEA assumes that input and output data are without any deviation. However, the observed values of the input and output data in real-life problems are sometimes imprecise or vague. So In this paper, to deal with uncertainty in data the linear robust optimization framework of Bertsimas and Sim (2004) was used to compare technical efficiency of Iranian mushroom-producing provinces and determine the optimum use of inputs.

Materials and Methods: According to the purpose of this study, a robust data envelopment analysis (RDEA) model with imprecise inputs and outputs was used. The method is based on the robust optimization approach of Bertsimas and Sim (2004) which with the introduction of the conservative parameter (Γ) for each constraint, adjusts robustness in an optimisation model against the level of conservatism of the solution. The value of Γ is dependent on the maximum probability of constraint violation (p) and numbers of uncertain data in every constraint (n). So this RDEA model allows adjustment of level of robustness of the solution to trade-off between protection against constraint violation and conservatism of efficiency scores. In order to estimate the models, the GAMS software was used and related data was gathered from Statistical Center of Iran.

Results and Discussion: In this paper to distinguish the causes of technical inefficiency, pure technical efficiency and scale efficiency were measured. According to the results of this model, at all levels of P, the pure technical efficiency was higher than the scale efficiency and technical efficiency, and its value was higher than 98% in all cases. This indicates that mushroom producers have a high level of knowledge and skills in this field and shows that the cause of low technical efficiency of the producers is their non-optimal scale. In addition, according to the results of both RDEA and DEA models, the most important input that has caused the inefficiency of the units is the "seed cost" input and with optimal use of this input, the cost of that can be reduced by about 70% (in ε=0.1 and P=1). Another result of this study is that with the reduction of the Probability of constraint violation, the rate of technical efficiency has decreased. For example in ε=0.1, if P is reclined from 1 (no protection against uncertainty) to 0.8 and 0.1, the average technical efficiency is reduced from 93% to 89% and 85% respectively. Also when ε is increased from 10 to 20 and 30 percent (in P=0.1) the average technical efficiency is reduced from 85 to 83 and 82 percent. On the contrary by reducing P, the percentages of reduction compare to the actual value is increased. For instance by reducing P from 1 to 0.8 and 0.1 the percentages of reduction of "seed cost" are decreased from 70% to 78% and 80% respectively. This results highlights the importance of using RDEA models to more conformity of the results to the real world.

Conclusion: Based on the results the low technical efficiency of the producers is because of their non-optimal scale. Therefore, it is recommended to consider the optimal size unit for those who want to enter this activity. On the other hand, the policymakers should improve access to facilities so the small units could enlarge their unit if it's necessary. Also considering the experience of successful mushroom farms, self-reliance in

1 and 2- Assistant Professor and Associate Professor of Agricultural Economics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, respectively.
(*- Corresponding Author Email: m.mardani@Asnruh.ac.ir)
3- Ph.D. of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4- Ph.D. Student of Agricultural Development, University of Zanjan
DOI: 10.22067/JEAD.2021.69647.1029

production of mushroom seeds can greatly reduce inefficiency of the units. Eventually considering that the level of uncertainty has a great impact on the efficiency results and the optimal level of inputs, future researches on the appropriate level of uncertainty according to the real conditions of production can improve the results of the RDEA model.

Keywords: Data envelopment analysis, Input-oriented efficiency, Mushroom, Robust optimization